

東京モノレール10000形車両の開発

山口 拓馬
Yamaguchi Takuma

西野 亨
Nishino Toru

植木 直治
Ueki Naoji

平野 修司
Hirano Syuji

東京モノレール10000形は、東京モノレールとしては、既存2000形車両以来17年ぶりの新型車両である。開発にあたり最新技術の導入および沿線と調和するデザインを取り入れることにより、(1) サービス性の拡充（車内液晶ディスプレイによる4か国語対応情報サービスの適用、大型荷物置場の設置、バリアフリー構造の採用）、

(2) 車両のデザイン性（沿線と調和するエクステリア、和を基調としたインテリア）、(3) 環境性（前照灯および室内灯へのLED灯の採用、車体の無塗装化）、(4) 安全性の向上（車両情報制御装置の導入による運転制御、ドア開閉表示灯の採用、側面表示器のバリアフリー表示の採用、バッテリー放電時間延長）を実現した車両である。

1. はじめに

東京モノレールは、東京五輪を控えた1964年9月17日に開業し、今年で開業50周年を迎える。2020年には、2度目の東京五輪も決まり、羽田空港（東京国際空港）の国際化が加速する中で、日本の玄関としてふさわしい車両をめざし「10000形車両」を開発した。この新型車両は、日立のA-train技術をモノレール用として最適化したものである。

ここでは、10000形車両における開発コンセプト、開発成果について述べる。

2. 路線概要

東京モノレールは、モノレール浜松町駅から羽田空港国際線ビル駅を経て、羽田空港第2ビル駅に至る全線17.8kmの路線である。同区間を最短19分で結び、ピーク時間帯は約3分20秒間隔で運行している。輸送力は、ピーク時間帯は約10,000人／片道、終日約300,000人（2010年時点）であり、空港利用者だけでなく、沿線の通勤・通学の足として幅広い人々に利用されている。

モノレール浜松町駅から天王洲アイル駅までは、都心のビル・マンション街の間を縫って走行し、レインボーブリッジやお台場を眺望できる。天王洲アイル駅から流通センター駅までは、首都高速道路と並行し、京浜運河や近隣の緑を見ながら高速で走行する。途中の昭和島駅では

2007年に待避線が設置され、モノレールでは唯一の快速運転を行っている。整備場駅から終点の羽田空港第2ビル駅までは、アップダウンを繰り返しながら走行し、空港の滑走路や、遠くには富士山、海ほたるを眺望できる。このように、東京モノレールは都心の路線でありながら、利用者が「空・海・緑」を感じられる路線となっている。

3. 車両概要

3.1 車両の主な仕様

車両の主要諸元を表1に、形式・寸法を図1にそれぞれ示す。

3.2 構体

構体材質には、軽量かつリサイクル性に優れたアルミ合金を用い、構体溶接にはFSW [Friction Stir Welding：摩擦攪拌（かくはん）接合] を用いることで溶接によるゆがみが極めて少ない構造とし、無塗装でありながら見た目にも美しい構体を造り上げている。

また、今回開発した車両は、既存2000形と比較し車両情報制御装置や車間貫通扉など多くの機器が追加となった中で、厳しい軸重制限をクリアする必要があったため、A-trainに採用しているダブルスキン構体に変えて、シングルスキンとダブルスキンを併用したハイブリッド構体を開発し、軽量化を実現している。

表1 | 車両の主要諸元

基本仕様は既存車である2000形をベースとしているが、多くの機器が既存車から追加となるため、低圧電源容量を増加し対応している。

項目	主要諸元	
車種	アルミ合金製跨座型二軸ボギー電動客車	
編成	6両編成(3両1ユニット)	
定員	76名/両	
電気方式	直流750 V	
桁幅	800 mm	
荷重	軸重(最大) 90.2 kN	
性能	加速度	0.97 m/s ²
	減速度	常用: 1.11 m/s ² 非常: 1.25 m/s ²
最急勾配	60‰	
最小曲線半径	100 m	
主電動機	三相かご形誘導電動機	
制御装置	2レベルIGBT VVVFインバータ方式	
ブレーキ装置	回生ブレーキ併用電気指令式電磁直通空油変換式	
電動空気圧縮機	オイルフリーレシプロ式	
信号保安	ATC/TD装置	
通信設備	150 MHz帯空間波半複信方式	
低圧電源	124 kVA SIV装置(1編成当たり2台)	
集電装置	給電軌条下面接触式	
空調装置	屋根上搭載2段階制御方式: 20.3 kW/台	
非常脱出装置	脱出シュータ, スロウダン	

注: 略語説明 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor),
VVVF (Variable Voltage Variable Frequency),
ATC/TD (Automatic Train Control / Train Detection), SIV (Static Inverter)

3.3 台車

台車は二軸ボギー構造で、走行輪と水平輪(案内輪および安定輪)で構成されている。

車体支持装置は既存車である500形から2000形まで揺れ枕方式が適用されてきたが、10000形用台車では台車枠上面の空気ばねが車体を直接支持するボルスタレス方式を適用し、台車の軽量化を図っている。

従来の基礎ブレーキ装置は、キャリパ1台に空油変換器1台が配置されているのに対して、10000形では空油変換

器1台とキャリパ2台を並列接続する構成とすることで部品点数を低減させている。

また、走行タイヤには電波式圧力センサを設置し、タイヤ内圧情報をATI (Autonomous Decentralized Train Integrated System) 表示画面で常時確認できるようにしており、メンテナンスの省力化を図っている。

4. 車両のデザイン性

4.1 エクステリアデザイン

基本的な外観は、無塗装のヘアライン仕上げを採用することでアルミの質感を生かした清潔感のあるデザインとし、車両側面は沿線の特徴である「空・海・緑」をイメージしたブルーからスカイブルーに変化するグラデーションとグリーンを組み合わせたフィルムを貼り付けている(図2参照)。

車両前面は、黒を基調とした精悍(かん)なイメージとしており、今回モノレールで初採用となる車幅灯を設置することで本車両の先進性を想起させるデザインとなっている(図2, 図3参照)。

また、ビルの上などの高所から見られることを意識し、屋根上にも東京モノレールのロゴを配置することでさまざまな角度からデザインを楽しめる車両としている。

4.2 インテリアデザイン

海外からの利用者を意識し、主に以下の4点を特徴とした、随所に「和」のおもてなしを演出したデザインとしている(図4参照)。

- (1) シートの柄に青海波(せいがいは)を採用
- (2) 車間貫通扉の衝突防止グラフィックには富士山、五重塔など日本を象徴するアイコンを採用

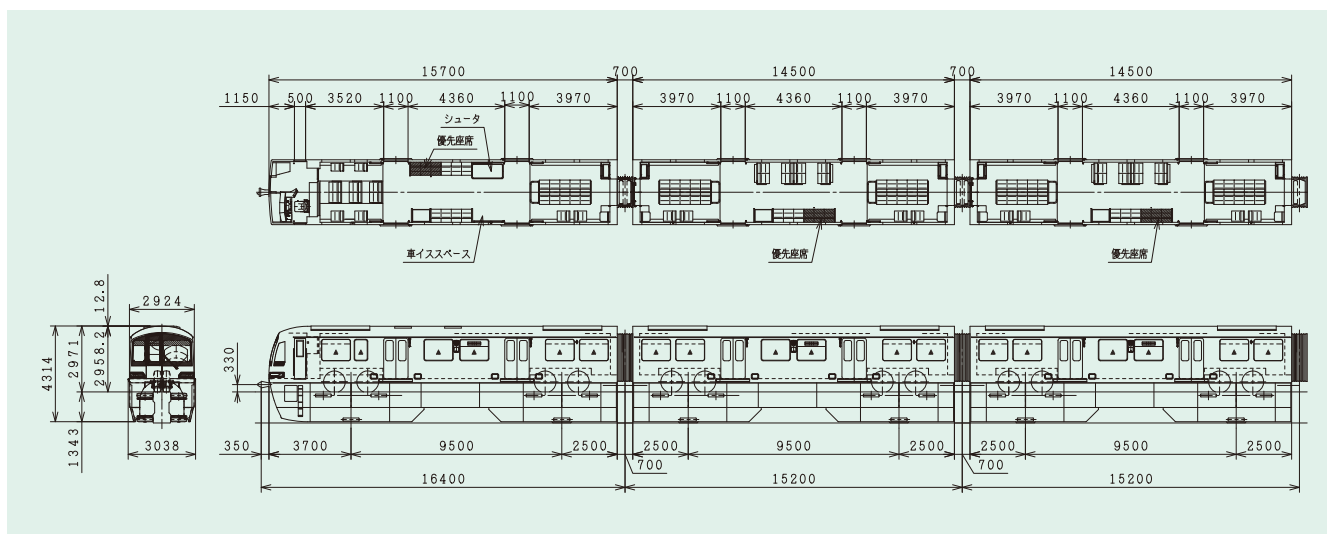


図1 | 車両形式と寸法(単位: mm)

6両固定編成(Tc1-M1-M2-M3-M4-Tc2)の構成で、客室内にはバリアフリー対応として、先頭車に車イススペース、各車に優先座席を設けている。



図2 | TMK10000形モノレール車両外観

側面には「空・海・緑」をイメージしたカラーフィルムを配したデザインとすることで沿線との調和を図っており、前面は黒を基調とした精悍(かん)なデザインとしている。

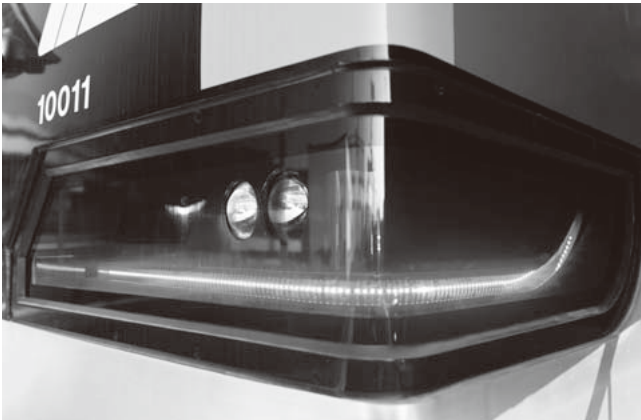


図3 | 車幅灯外観

車幅灯の色は、東京モノレールのシンボルカラーであるスカイブルーとしている。

(3) 客室LED (Light Emitting Diode) 灯カバーに和紙柄のデザインを採用

(4) 高床部座席の袖仕切りには市松模様を採用

また、座席横の袖仕切りや荷棚、車間貫通扉にガラスを用いることで機能的かつ開放感のある明るく広々とした空間を実現している。

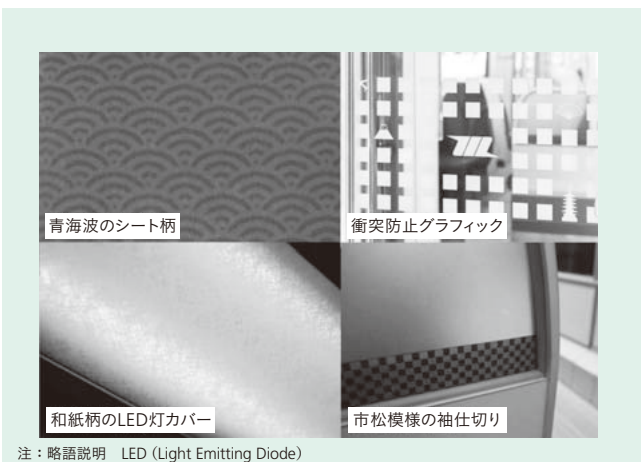


図4 | 各部インテリアデザイン

海外からの利用者を意識し、「和」をモチーフにしたデザインを随所に採用している。

5. 安全性の向上

5.1 ドア開閉表示灯

各側出入口上部にドア開閉表示灯を設置している。

他鉄道車両やモノレール車両に採用されている本灯具は、通常、ドア開閉時に赤色で点滅し注意を警告する機能のみであるが、本車両では、点灯色を「赤」、「青」の2色、点灯動作は「点灯」、「点滅」、「光走行表示(全点灯状態の後、灯具中心から両端部へ向けて、順次消灯する動作)」の3パターンが可能な灯具を新たに開発し、以下のような各状況に応じて乗客へ段階的に注意を促す構成としている(図5参照)。

- (1) 車両走行中、駅接近時に開側ドア部のみ青色光走行表示動作
- (2) 駅到着時、開側ドア部のみ赤色点灯動作
- (3) ドア開閉時、赤色点滅動作

5.2 車幅灯

前述のとおり、自動車に設置が義務づけられている車幅灯をモノレール車両として初めて採用し、走行時および停車時において、この灯具により周囲に車体幅を示すことで安全性の向上を図っている(図3参照)。

5.3 側面行先表示器

フルカラー表示仕様であり、運用種別表示部においては運用種別色を背景とし、文字色は運用種別色との組み合わせ上、一般的に認識しやすいとされる白色で表示している。また、文字の周囲のみ背景色の輝度を落としコントラストを付けることにより、色覚異常者に配慮したバリアフリー表示を採用している(図6参照)。

5.4 バッテリー放電時間延長

鉄道車両およびモノレール車両において、通常は架線か



図5 | ドア開閉表示灯外観

赤・青2色対応のLED式であり、光走行表示動作時は灯具中心から矢印の方向に向かって順次消灯する動作を繰り返す。



図6 | 側面行先表示器外観および運用種別表示部詳細
「空港快速」および「Haneda Express」の文字周囲にコントラスト調整を施している。

らSIV (Static Inverter) 装置へ高圧電源を供給し、SIV装置から各機器へ低圧電源を供給しているが、緊急時(架線停電時)は、車両に搭載しているバッテリーから電源を供給し、機器を動作させている(図7参照)。しかしながら、緊急時においては不要な機器も動作してしまっているため、この車両では緊急時に不要な機器を一括してOFFにするスイッチを設け、バッテリーからの電源供給開始後、このスイッチを使用することで車両電源の負荷を軽くし、

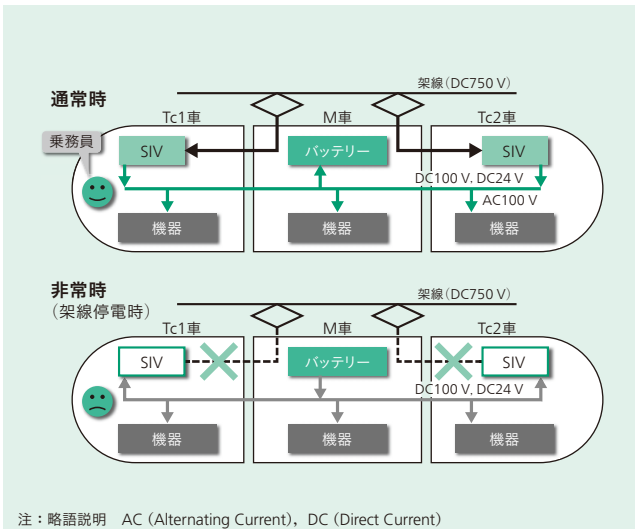


図7 | 従来車両における通常時および非常時の電源供給構成
矢印方向は電源供給の流れを示す。

既存車のバッテリー電源供給時間が30分であるのに対し、2倍の60分を確保する構成としている。

また、バッテリーからの電源供給の際、バッテリー電源をすべて使い切った場合、架線復旧時に、車両電源起動不可となり、その結果、自力走行不可となる。対策として、この車両はバッテリーからの電源供給については60分間経過時に自動的に「切」とする回路構成とし、残ったバッテリー容量を架線復旧時の車両電源起動に充てる構成としている。

6. おわりに

ここでは、東京モノレール10000形車両における車体開発コンセプト、開発成果について述べた。

日立は、今後も今回開発した車両のように最新技術の導入およびデザインの熟慮を図り、多くの付加価値を持つ車両の開発に努めていく考えである。

執筆者紹介



山口 拓馬
日立製作所 交通システム社 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属
現在、公民鉄・モノレール車両の艦(ぎ)装設計に従事



西野 亨
日立製作所 交通システム社 プロジェクトエンジニアリング本部 第二部 所属
現在、モノレール車両の開発に従事



植木 直治
日立製作所 交通システム社 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属
現在、公民鉄・モノレール車両の艦装設計に従事



平野 修司
日立製作所 交通システム社 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属
現在、モノレール車両の台車設計に従事